

ぎょしゃ座ε星の伴星

—Black Hole 説の根拠をめぐって—

北村 正利*

近年、天文学では、数年ごとに、宇宙進化論上大問題になるような驚異的な新天体の発見が続いて起こった。QSO やパルサーがそれである。折も折、最近また、ぎょしゃ座ε星の伴星が、宇宙進化論を解く鍵になるかも知れぬ新天体ではないかという考えが、有名な天文学者の間に起こり、ジャーナリズムをも騒がせている。ぎょしゃ座ε星は、カペラのすぐ近くに見える3等級の食連星で、伴星が、一般相対論でしか理解できぬ Black Hole ではないかという説である。提唱者はアメリカのカメロン教授 (Nature 誌1月号, 1971) で、同じアメリカのスターズ博士もこの説を支持している。

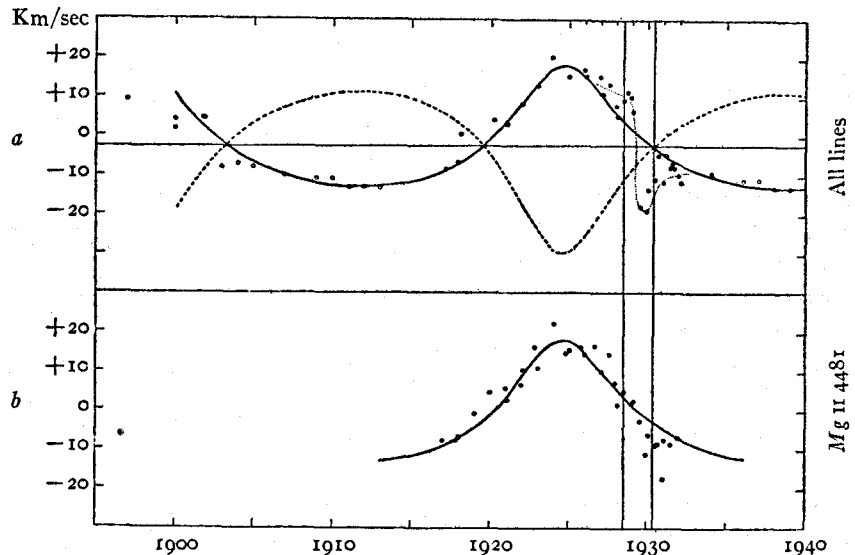
そこで、ぎょしゃ座ε星とはどんな星か、要点と Black Hole 説の根拠を紹介しておこう。この星は約150年前、ドイツのフリッチュによる発見で、変光星の一つとして登場する。今世紀の初めになって、27.1年という長周期食変光星であることが明らかになり、1900年から系統的分光観測が、ポツダムやヤーキス両天文台で行なわれた。また、光度変化の観測から、食時は1年にも及ぶ皆既食光度曲線を示すことが分かった。

第1図は、1900年から1940年の間に行なわれたポツダムとヤーキス天文台での視線速度測定の結果である。いわゆる Single-line の連星で、スペクトルは F2Ia の主星のものである。第1図の観測に加えて、1962年までの全資料を使い求めたモリスによる最新の分光要素から、軌道離心率は、 $e=0.172\pm 0.033$ 、主星と共通重心間の距離 a_1 と質量函数 $f(m)$ は、

$$a_1 \sin i = 1.97 \times 10^9 \text{ km},$$

* 東京天文台

Masatoshi Kitamura: On the Companion of ε Aurigae



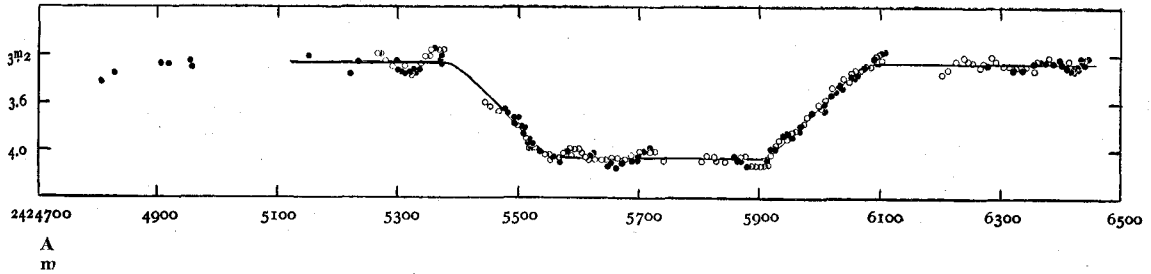
第1図 視線速度曲線 (O. Struve による) 下図 (b) は Mg II 4481Å の線のみによる速度曲線であるが、上図 (a) は測定した吸収線全部による速度曲線。

$$f(m) = m_2^3 \sin^3 i / (m_1 + m_2)^2 = 3.12 m_\odot$$

この第一式中の軌道傾斜角 i については、ストランドが1926~58年にわたりヤーキスの40インチ屈折望遠鏡で、アストロメトリックに求めた値 $i=72^\circ$ がある。しかし、 i を求めるときストランドは、ストルーベによる古い離心率の値 0.33 を採用しているため、モリスの新しい値 0.172 を使えば、 i は 83° ぐらいになる。この値は皆既食光度曲線の食期間を使い幾何学的に求めた値と大体一致する。

主星のスペクトルの紫外部は、アメリカの人工衛星 OAO-2 によっても観測され、それが普通の F2 型超巨星であることが報ぜられている。そこでもし、主星の質量として大体 $m_1=35 m_\odot$ ととると、上の第二式から $m_2=23 m_\odot$ 第一式と組合わせて、両量間の距離 $a_1+a_2=35$ 天文単位となる。さらに、F2Ia に対応して、主星の表面温度として $7,400^\circ$ 、絶対等級 $-8^m.5$ (V) を使うと、主星半径 $R_1=1.4$ 天文単位がでる。

光度曲線については、初めての光電観測がなされたのは、1928~30年の食で、ドイツのギュッソー、アメリカのステピンス、ハッファーによるフィルターを使用しない観測である(第2図)。第2図から明らかなのは、



第2図 1928-30年の食における光度変化。フィルターを使用しない光電測光 (M. Güssow, J. Stebbins, C.M. Huffer) による観測

食の全期間 $D=714$ 日, 皆既食の期間 $d=330$ 日
また, 食変光の深さは $\Delta m=0.82$ 等である。さらに, 光度曲線上に不規則小振幅の変光が重なっていることも注意されたい。第3図は, 1955~57年の食の際の色別光電観測結果から, その一部(黄色と紫外)を集めてみたものである。東京, ルンド(スウェーデン), ペンシルヴァニア(アメリカ)三天文台の協同観測結果である。悪天候のため, 全位相はカバーできなかったが, 光度曲線の深さはともに平均 0.82 等あることがわかる。他の色についても同じである。

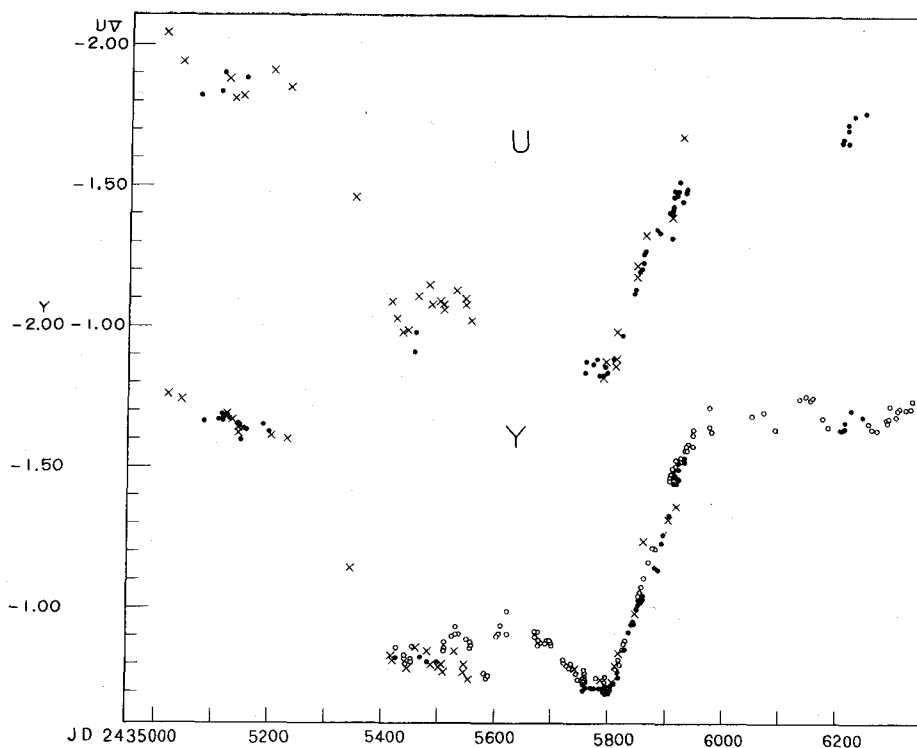
食による光度曲線の深さが, 色に無関係にほぼ一定ということは, 普通の星と星だけによる食現象としては説明できない。また特に不思議なことは, 皆既食中といえども観測されるスペクトルは主星の F2I α スペクトルがほとんどである。もし普通の皆既食であるなら, この間は主星の光はすっぽり隠されるから, 手前側の暗い伴星の光だけとなり, 伴星のスペクトルのみが観測されるはずである。だが現実はそのようでない。

この星は, 赤外でも数回観測されている。1951年にイギリスのフェルゲットは, 硫化鉛光電池 PbS を使って波長 $1\sim 3\mu$ の領域を測光し, そのエネルギーカーブが, ほぼ 800°K の黒体輻射に対応すると発表している。1964年には, ミッチェルは PbS により $0.35\sim 9.5\mu$ の領域を測光し, $500\pm 50^\circ\text{K}$ の黒体輻射に相当するエネルギーカーブを得たと発表した。しかし, このミッチェルの観測には問題があり, その翌年にはロウとミッチェルの協同で再び赤外観測を行ない, 今度は黒体輻射に相当するものは, 全くなかったという。このような事情から, 赤外観測の結果には今のところ, あまり信頼はおけないように思われる。

以上のような準備の下に, 伴星の実体についてのカメロン説の紹介に入ろう。それより以前, 食の深さが, 色によらないことから, 伴星はダストの巨大な集りで, 主星の光に対して半透明であろうというコパルの説や, 不透明に円盤状に集まったダストのかたまりというスー・

シュール・ファンの説があった。カメロンも中心核の周りには, このようなダスト粒子の集まりがあると考えている。そして質量 $23m_\odot$ もの伴星が光も出さずに存在するという事に注目する。先ず, 伴星をダストの集まりとすると, 林位相以前の進化状態ではないかとも考えられるが, これには重大な難点のあることが, 指摘される。 $23m_\odot$ もの質量をもち, 半径およそ10天文単位(食の幾何学的考察より D と d を使い求められる)ぐらいのものは, 初期の重力陥没により中心温度は少なくとも 10^4K にはなり, 表面温度を数千度にしてしまうことが, 理論的に推測され, これが観測にかからぬわけではない。このような連星は, 同時に生れ同じ年代を経ている一対の星と思ってよいから, 主星の超巨星とともに, やはり主系列後の進化段階にあるものと考えねばならないであろう。ダストの集りとしての伴星が, 主系列後できたものとする, 近接連星系の進化の類推からカメロンは, 次のように考えた。

現在の伴星は, かつては今の主星よりも大質量のものであり, 先に進化膨張してロッシュ限界へ達した後, 質量移動や質量放出を行ない, $23m_\odot$ まで減少し, そこで星の進化としての最後を迎えたのではないか。普通質量(太陽またはその数倍)の星では, 超新星爆発で, 中心核が圧縮された $1m_\odot$ 程度の白色矮星か中性子星として残り, 外層はふき飛ぶ。しかし, 質量がある限度以上, $23m_\odot$ もあると超新星爆発は起こさず, いわゆる Black Hole へとすい込まれて行くことを, 最近の理論は示している。星の進化の最後の段階で, どういうものになるかは, もとの星の質量如何による。ある限界以上の大質量だと爆発は起こさず, 重力崩壊といって, 重力による陥没の勢いを止めることができない状態になる。これが Black Hole で, 桁はずれの高密度となり, その超強力な重力場が作る空間のゆがみのため, そこから放射される光は, 一般相対論によりもとえもどってしまい遠方へ達することはできない。ぎょしゃ座 ϵ 星の伴星では超新星爆発はなかったであろうと思われるもう一つの理由もある。もしあったなら, 爆発時の大衝撃で連星がこわれて



第3図 1955~57年の食における色別光電観測，黄色と紫外のみを示す，東京(x)，Lund(o)，Flower and Cook(·) 三天文台での観測から。

しまうか，少なくとも非常に高い離心率の軌道になると思われる。現在の軌道のように $e=0.17$ という円に近いものではあり得ないであろう。

カメロンは，さらに，空間的には伴星の大部分を占めるであろうダストの分布の成因については，ミッチェルの最初の赤外観測の結果をもとに，連星系を，平均半径160天文単位で大きくとりまくダストの円盤があるものと考え，それが主星からの輻射により 500°K に暖められているとしている。この部分のダストは，半径があまり小さくなく，ポインティング・ロバートソン効果により螺旋状に連星系におちこむが，まず，主星の囲りをまわる伴星につかまり，伴星の囲りに円盤をつくることになる。この円盤をつくるダスト粒子の半径を 0.5cm 程度と仮定すると寿命 10^6 年程度で Black Hole へ落ちこむとしている。以上がカメロンの見解の要点である。

しかし，カメロンの議論については，用いた観測資料にかなり問題がある。第一は，ミッチェルの最初の赤外観測の結果を使っている点である。この観測結果が疑わしいことは，ミッチェル自身認めているのであるから。ごく最近，デマルクとモリスは，Black Hole 説を持ち出さなくても F2I α 型の主星と主系列のO型星の組合わ

せて説明がつくという見解を発表している。O型星の周りには，超巨星である主星が放出したガスが集り，円盤状にとりかこみ光学的にかなり厚いものとなり，以前，スー・シュー・ファンが提唱したモデルになるとしている。一方，この星の食の潜入と出現時にスペクトルをとると， $4,000^{\circ}\text{K}$ の励起温度をもつ稀釈された少量のガスの存在が示されている。これは，O型星の周りにあるガス円盤の外層部が作るものであり，その稀釈度が0.1程度であるので，主星の影響によるものではなく（主星からの幾何学的稀釈度は， 10^{-5} のオーダー）O型伴星の光球そのものによるであろうとしている。

果して，ぎょしゃ座 ϵ 星の伴星がほんとうに Black Hole なのか。観測資料の不備から伴星の実体に関する知識が不十分であり，まだまだ断言はできないようにも思う。詳しいスペクトル観測の必要が強調されてよい。ぎょしゃ座 ϵ 星の伴星の実体をめぐって，論争は，当分続きそうである。

x x x
x x